ARTICULATA 9(1): 43 - 58 ÖKOLOGIE

Zum Ausbreitungsverhalten von Feldheuschrecken
Erfahrungen, Methoden und Ergebnisse

Jörg Rietze

Abstract

Results of investigations on the dispersal of grashoppers are affected by natural influences as well as by methodical influences. Somefactors are discussed referring mainly to own investigations. One result for nature protection is, that Systems of compound biotopes can be made more efficient by installing habitat-corridors, which fulfil the requirements of the goal-species.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse von Untersuchungen zum Ausbreitungsverhalten von Feldheuschrecken werden von einer Vielzahl von Faktoren beeinflußt, die z.T. natürlich und z.T. durch den Versuchsaufbau bedingt sind. Am Beispiel von eigenen Untersuchungen werden verschiedene Einflüsse erläutert.
Eines der vorgestellten naturschutzrelevanten Ergebnisse zeigt z.B., daß eine Effizienzsteigerung von Biotop-Verbund-Systemen durch Lebensraum-Korridore möglich ist, wenn diese so eingerichtet werden können, daß sie den Ansprüchen der Zielarten entsprechen, für die die jeweilige Planung durchgeführt wird.

Grundlagen und Ziel des Beitrages

Für diesen Beitrag wurden drei Markierungs- und Wiederfang-Untersuchungen ausgewertet, die in Baden-Württemberg in den Jahren 1990 bis 1993 durchgeführt wurden (RIETZE & RECK 1991[1] , RIETZE et al. 1992, RIETZE & RECK 1993[2]). Die eigentlichen Fragestellungen beschäftigten sich mit den Themenkomplexen:
Isolation, Einfluß von Straßen, Verbund von Heuschrecken-Populationen, Wirksamkeit von Grünbrücken. Ziel des vorliegenden Beitrages ist es, grundsätzliche Überlegungen zum Einfluß unterschiedlicher Faktoren auf die Ergebnisse von 'Mobilitäts-Studien' zusammenzustellen und anhand von zwei bisher unveröffentlichten Untersuchungen zu erläutern.

---

[1] mit Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr
[2] Im Auftrag der Schweizerischen Vogelwarte, Sempach (Forschungsarbeiten für das Bundesministeriums für Verkehr und die Ministerien für Ländlichen Raum, für Umwelt und für Verkehr in Bad.-Württ.)

Untersuchungen zum Wanderverhalten

Wanderverhalten im einheitlichen Lebensraum

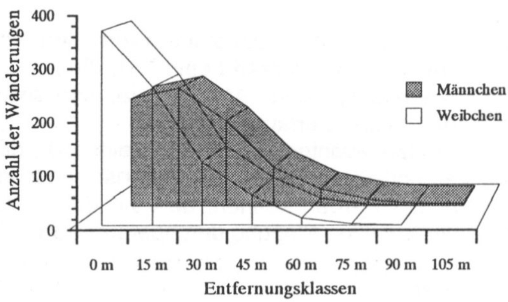
Methode

Das Wanderverhalten von Heuschrecken in melioriertem ehemaligem Feuchtgrünland bei Bonndorf (Bodenseekreis) wurde 1991 untersucht, um es vor und nach dem Bau einer Straße zu vergleichen und die Wirksamkeit einer Grünbrücke ermitteln zu können. In dem mehrere Hektar großen Wiesenkomplex wurde eine 105 m lange und 45 m breite Probefläche in Teilbereiche von je 15 m x 15 m untergliedert. Zwischen diesen Quadraten wurden die Wanderungen aller auftretenden Arten ermittelt. Den Untersuchungsschwerpunkt bildeten die in Baden-Württemberg als gefährdet eingestuften (DETZEL 1993) Arten *Chorthippus dorsatus* und *C. albomarginatus.*

Ergebnisse

In Abb. 1 ist das Wanderverhalten von *C. dorsatus* und *C. albomarginatus* als Mobilitätsdiagramm dargestellt.

a) Wiesengrashüpfer *(Chorthippus dorsatus)*



b) Weißrandiger Grashüpfer *(Chorthippus albomarginatus)*

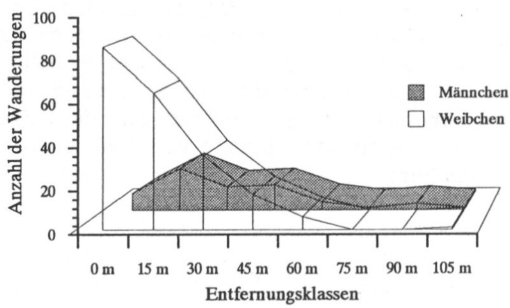


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Wanderentfernungen ausgewählter Arten (Bonndorf, Bad.-Württ.) - Mobilität im einheitlichen Lebensraum

Die zugrundeliegenden Daten wurden mit gleicher Methode, zeitgleich und auf derselben Fläche erhoben. Es liegt die Frage nahe, wie das unterschiedliche Ausbreitungsverhalten quantifiziert werden kann: Ein Maximum der Kurven bei weiteren Entfernungen weist auf eine höhere Mobilität hin, da mehr Tiere größere Entfernungen zurücklegen. Als zusätzliches Kriterium kann die Steigung der Kurve herangezogen werden - ein steilerer Abfall zeigt eine geringere Mobilität an, da prozentual weniger Tiere auch weitere Entfernungen zurücklegen.
Werden die Wanderungen nach Median und Quartilen ausgewertet (vgl. z.B. REICH 1994), so zeigt dementsprechend ein größerer Median und die Lage der dritten Quartile bei weiteren Entfernungen eine stärkere Mobilität an.
Anhand dieser Kriterien können die Arten und Geschlechter in Reihen unterschiedlicher Mobilität eingeordnet werden. So sind die in Abb. 1 dargestellten Männchen mobiler als die Weibchen und die Männchen von *Chorthippus albomarginatus* ausbreitungsstärker als die Männchen von *C. dorsatus*.

Wanderverhalten im Lebensraum-Mosaik:
Einfluß der Habitatbindung auf das Wanderverhalten

Methode
1993 wurde der Einzugsbereich einer Grünbrücke sowie der Einfluß der Habitatbindung auf das Wanderverhalten von Heuschrecken bei Markelfingen (Kreis Konstanz) untersucht. Hierzu wurde an 4 Orten in unterschiedlicher Entfernung von der Grünbrücke die gleiche Anzahl markierter Tiere (je Geschlecht einer Art) auf einem linear zur Grünbrücke führenden Wegsaum/Erdwall ausgesetzt und mit 3 Versuchsansätzen wiedergefangen (vgl. Abb. 2):

- ➔ Im Transekt-Wiederfang wurde sowohl auf dem Wegsaum/Erdwall, als auch dem angrenzenden Acker (zu dieser Zeit abgeerntet) jeweils auf einer Länge von 50 m und einer Breite von 6 m wiedergefangen, um einerseits das Wanderverhalten im Bereich kürzerer Entfernungen zu ermitteln und andererseits das Wanderverhalten in unterschiedliche Lebensräume zu differenzieren.
- ➔ Im Standard-Wiederfang wurden auf dem Wegsaum/Erdwall an 7 je 10 m langen Fangflächen in unterschiedlichen Entfernungen von der Grünbrücke bis 275 m) markierte Tiere wiedergefangen, um größere Entfernungen zu messen.
- ➔ Als Erweiterung wurde auf allen Wiesen, Brachen und Säume der Umgebung der Grünbrücke nach markierten Tieren gesucht (Meßbereich bis 600 m).

In Abb. 3 sind sowohl die Anzahl der Wanderungen (bis 50 m), als auch die Anzahl der ortstreuen Tiere dargestellt. Die Wanderungen in unterschiedliche Lebensräume sind direkt vergleichbar, da sie sich auf die gleiche Flächengröße beziehen. Die nachgewiesenen ortstreuen Tiere entsprechen dem Anteil aller Tiere, die am Wandergeschehen beteiligt sind (n in Abb. 3) und müssen für den Vergleich mit den Wanderern entsprechend dem Verhältnis der beprobten Flächen zur tatsächlichen Ausbreitungsfläche normiert werden (x in Abb. 3).

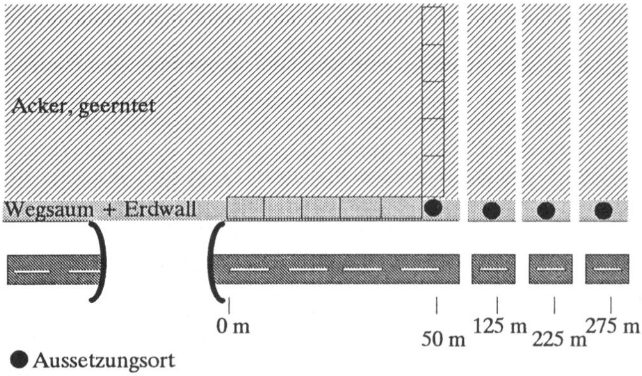


Abb. 2: Schematische Versuchsanlage 'Einfluß der Habitatbindung auf das Wanderverhalten' (Markelfingen, Bad.-Württ.)

In Abb. 7 wurden die Wanderdaten von zwei Versuchsansätzen kombiniert. Während die Entfernungen bis 50 m kontinuierlich im Transekt-Wiederfang ermittelt wurden, waren die Wiederfang-Flächen bis 150 m diskontinuierlich angeordnet (Standard-Wiederfang). Die Entfernungsklassen über 50 m waren unterschiedlich häufig meßbar, so daß z.B. die Werte bei 150 m wesentlich zuverlässiger sind als bei 100 m bzw. 125 m. Den Untersuchungsschwerpunkt bildeten die Arten *Chorthippus parallelus* und *C. biguttulus*. Von diesen wurden rund 2000 markierte Individuen ausgesetzt, um die Bedingungen bei sehr hohen Individuendichten zu simulieren.

Ergebnisse

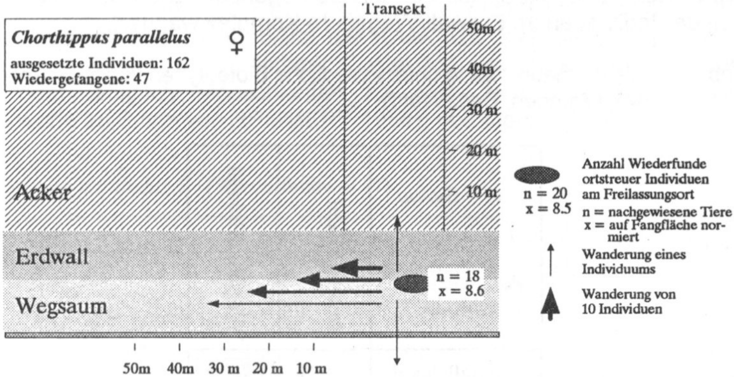
Die Wiederfangrate schwankte zwischen 19,5 % und 23 % (getrennt nach Arten und Geschlechtern). Dieser vergleichsweise geringe Anteil ist v.a. darauf zurückzuführen, daß nur auf ausgewählten Teilen der gesamten Ausbreitungsfläche wiedergefangen wurde.

In Abb. 3 sind zunächst nur die Ergebnisse des Transekt-Wiederfanges berücksichtigt: Von *C. parallelus* wanderten fast alle Individuen entlang des Wegsaum/Erdwall-Komplexes, da die Art zwar vergleichsweise wenig spezifische Lebensraumansprüche besitzt, jedoch Wiesen und Säume als Habitat bevorzugt. In die Ackerfläche wanderten nur vereinzelt Tiere. Diese nutzten zudem nur den Ackerrandbereich. Dagegen verteilte sich *C. biguttulus* nahezu gleichmäßig sowohl auf dem Wegsaum/Erdwall, als auch auf dem abgeernteten Acker, da Letztgenannter zum Untersuchungzeitpunkt von dieser Art auch als Teillebensraum genutzt wurde.

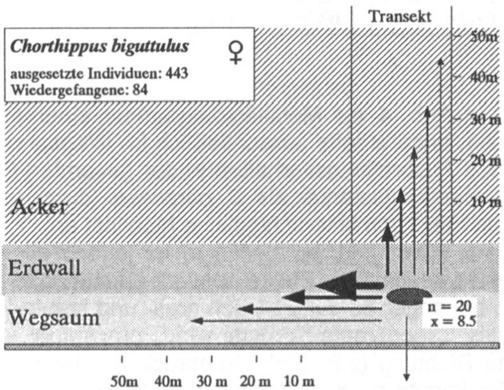
Das heißt: *C. biguttulus* breitet sich unter diesen Bedingungen gleichmäßig und ungerichtet aus, während bei *C. parallelus* der Wegsaum/Erdwall als Lebensraum-Korridor[3] wirkt, in dem die Wanderungen kanalisiert werden, da nur wenige Individuen die durch die Vegetationsstruktur gebildete Grenze überwinden.

---

[3] Die Struktur entspricht den artspezifischen Ansprüchen. Die Breite muß so gewählt sein, daß die Randeinflüsse ausreichend gering gehalten werden, so daß der Korridor als Teillebensraum angenommen wird.



C. parallelus: nur wenige Individuen verlassen den Saum/Erdwall - wirkt hier als Lebensraum-Korridor



C. biguttulus: viele Tiere wandern auch in den Acker, der zeitweise den Habitatansprüchen der Art entspricht

Abb. 3: Habitattreue bei der Ausbreitung von zwei verschiedenen Anspruchstypen (Markelfingen, Bad.-Württ.) - Durch Lebensraum-Korridore kann die Ausbreitungsrichtung beeinflußt werden

Tab. 1 zeigt die tatsächlichen Anteile der Wanderungen, bezogen auf die gesamte mögliche Ausbreitungsfläche (im Acker wurde nur ein exemplarisches Transekt untersucht). Während die prozentualen Anteile der Wanderungen bei *C. biguttulus* in etwa den zur Ausbreitung zur Verfügung stehenden Flächenanteilen entsprechen, ergibt sich bei *C. parallelus* ein nahezu gegensätzliches Bild, da der überwiegende Teil der Individuen im Erdwall/Wegsaum-Komplex wandert.

Tab. 1: Wanderhäufigkeit in unterschiedliche Biotoptypen von zwei Anspruchstypen (Markelfingen, Bad.-Wütt.)

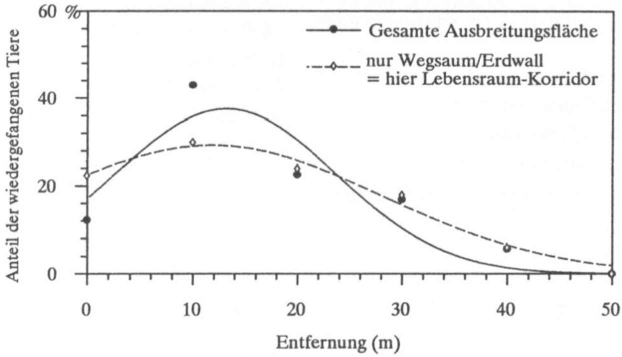
Biotop / Art, Geschlecht	Acker-Gesamt	Wegsaum/Erdwall
C. parallelus ♂	7 %	79 %
C. parallelus ♀	11 %	73 %
C. biguttulus ♂	75 %	15 %
C. biguttulus ♀	67 %	28 %

Die Wanderdaten sind in Abb. 4 als Mobiliätsdiagramme einerseits über die gesamte Ausbreitungsfläche, andererseits ausschließlich im Wegsaum/Erdwall dargestellt. Betrachtet man das Ausbreitungsverhalten in der gesamten Fläche, so ist *C. biguttulus* wesentlich ausbreitungsstärker als *C. parallelus* (durchgezogene Linie in Abb. 4). Dies zeigt die artspezifisch unterschiedliche Mobilität an.
Für die Fragestellung zur Effektivität der Leitlinien ist jedoch allein das Wanderverhalten in Richtung eines bestimmten Zieles relevant (gestrichelte Linie in Abb. 4). Daraus ergibt sich, daß bei enger Bindung an den gras- und krautreichen Saum, der hier für *C. parallelus* als Lebensraum-Korridor wirkt, prozentual wesentlich mehr Tiere in eine bestimmte Richtung (z.B. Ziel: Grünbrücke) gelangen, als bei ungerichteter Ausbreitung. So konnte auch die weiteste nachgewiesene Wanderung von 375 m in der Verlängerung des Korridores bei einem Männchen von *C. parallelus* (im erweiterten Versuchsansatz) gemessen werden.
Trotz größerer Ausbreitungsfähigkeit wandern bei ungerichteter Ausbreitung von *C. biguttulus* deutlich weniger Tiere in eine bestimmte Richtung (z.B. Grünbrücke) als bei gerichteter Ausbreitung von *C. parallelus.*

Für die Planung von Biotop-Verbund-Systemen bedeutet dies, daß die Erreichbarkeit von Teillebensräumen durch effektive Lebensraum-Korridore deutlich erhöht

werden kann, wenn durch sie Wanderungen kanalisiert werden. Dieses Ergebnis ist nur dann auf andere Arten übertragbar, wenn es gelingt (entsprechend der Habitatbindung der jeweiligen Zielarten, für die eine Biotop-Verbund-Planung durchgeführt wird), geeignete Leitlinien einzurichten, die von den Arten auch angenommen werden. Die maximale Entfernung, die zwischen großflächigen Lebensräumen liegen kann, ist einerseits von der Mobilität der Arten bzw. der Geschlechter und andererseits von der Zielsetzung [ständiger Austausch bei Unterschreitung von Minimalarealen oder lediglich Möglichkeiten zur Neu- und Wiederbesiedlung (Mosaikzyklus-Theorie im Sinne von REMMERT 1988)] abhängig.

Chorthippus parallelus ♀ (Wiederfunde = 47)



Chorthippus biguttulus ♀ (Wiederfunde = 84)

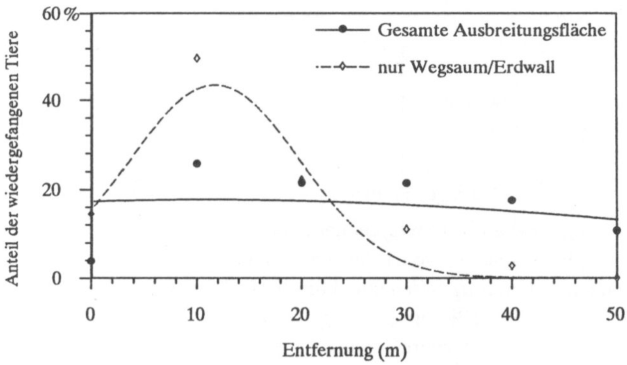


Abb. 4: Einfluß der Habitatbindung auf das Wanderverhalten zur Grünbrücke (Markelfingen, Bad.-Württ.)

Einflußgrößen auf Meßergebnisse zum Ausbreitungsverhalten

Die Meßergebnisse zum Ausbreitungsverhalten werden von einer Vielzahl von Faktoren beeinflußt, die in natürliche Einfluß-Faktoren und in Einflüsse des Versuchsaufbaues unterteilt werden können. Abb. 5 enthält hierzu eine exemplarische Übersicht.

Einfluß des Versuchsaufbaues:

Lebensraum: geschlossen, offen
Lebensraum: einheitlich - Biotopkomplex

Räumliche Konfiguration besiedelbarer Habitate (z.B. Lebensraum-Korridore)

Aussetzungsversuch / natürliche Verteilung
Künstl. Änderungen der Versuchsbedingungen (z.B. Mahd)

Auswertungsmethoden
Untersuchungsdauer / -intensität
Haltbarkeit der Markierung
Probeflächengröße, -abgrenzung
Gleichmäßige Meßbarkeit der Entfernungen

Einfluß natürlicher Faktoren:

Mobilität
- artspezifisch
- geschlechtsspezifisch

Ausbreitungsstrategie
- Flug, Sprung, Laufen
- Macroptere Individuen
- Ausbreitungsstadium
- genetische Disposition

Individuendichte
Jahreszeit
Witterung
physiologischer Zustand (Eireife)

Meßergebnis:
Ausbreitungsverhalten

Fragestellungen:

Erhalt von Metapopulationen
Erreichbarkeit von Teillebensräumen
Leitlinien zu Querungshilfen über künstliche Barrieren (Biotopverbund)
Barrierewirkung

Abb. 5: Einflüsse auf das Ausbreitungsverhalten von Feldheuschrecken

Untersuchter Lebensraum
Wenn sich im Aktionsraum der untersuchten (Teil-)Population Wanderbarrieren befinden, die die Ausbreitung der Individuen beeinflussen (geschlossene Lebensräume), werden andere Meßergebnisse zum Ausbreitungsverhalten erzielt als in "offenen" Lebensräumen. So sind die Ergebnisse zum Ausbreitungsverhalten von *Chrysochraon dispar* am Autobahnkreuz Stuttgart (RIETZE & RECK 1991) sicherlich nicht repräsentativ für deren artspezifische Aktionsdistanzen.

Größe der Probeflächen
Nur wenige Individuen einer Population nutzen das Mobilitätspotential der Art. Dennoch müssen für Aussagen zum Wanderverhalten relevante größere Entfernungen ausreichend häufig gemessen werden können. Anhand der Untersuchung bei Bonndorf kann die Wirkung des Versuchsansatzes auf das Meßergebnis aufgezeigt werden (das Ziel der Untersuchung war nicht die Ermittlung der eigentlichen Ausbreitungsfähigkeit der Arten). Da bei weiteren Entfernungen (> 105 m) keine Messungen mehr erfolgten, konnten viele der sehr mobilen Männchen von *C. albomarginatus* beim Wiederfang in der begrenzten Probefläche nicht erfaßt werden. Die Folge ist zunächst eine geringe Wiederfangrate. Zudem wurde der Entfernungsbereich, in dem der größte Teil der Population wanderte, nicht ausreichend ermittelt: Aussagen zum Wanderverhalten über weitere Entfernungen sind für das Untersuchungsobjekt bei dem gewählten Versuchsansatz auch mit Hilfe von Extrapolationen nicht möglich.

Teilprobeflächen und deren Anzahl
Beprobt man nur Teilflächen in einem potentiellen Ausbreitungsgebiet, so müssen die ermittelten Entfernungen bezüglich der Anteile der untersuchten Fläche zur Ausbreitungsfläche und ggf. bezüglich unterschiedlich häufiger Meßbarkeit der Wanderentfernungen normiert werden (vgl. auch Untersuchung Markelfingen, Methode). Geschieht dies nicht, so spiegeln die Ergebnisse v.a. die Abhängigkeit der Bearbeitungsintensität von der Flächengröße ($A = r^2\Pi$) wider.

Lage der Probeflächen - Einfluß der Habitatbindung auf das Wanderverhalten
Wird das Wanderverhalten in einem Mosaik von Lebensräumen untersucht, so müssen weitere Faktoren berücksichtigt werden, die auf das meßbare Wanderverhalten wirken. Am Beispiel der Untersuchung bei Markelfingen kann der Einfluß des Versuchsaufbaues auf das Meßergebnis verdeutlicht werden.
Wären nur bestimmte Teile der potentiellen Ausbreitungsfläche (z.B. Wegsaum/Erdwall) berücksichtigt worden, entstünde (trotz gleicher Versuchsanlage) aufgrund der unterschiedlichen Habitatbindung der Arten der Eindruck, als wäre *C. biguttulus* wesentlich ausbreitungsschwächer als *C. parallelus*.

Untersuchungsdauer und Haltbarkeit der Markierungen
Die Meßergebnisse können von der Dauer der Untersuchung beeinflußt werden. So stellte z.B. REICH (1991) am Ende der Vegetationsperiode bei den ♀ von *Bryodema tuberculata* eine erhöhte Mobilität fest (dynamische Flußlandschaft). Im Kulturland wechselt die Durchlässigkeit von Flächen für Heuschrecken mit der Jahreszeit bzw. mit dem Pflanz- und Erntezustand.

Entsprechend der Fragestellung und dem Verhalten des Untersuchungsobjektes müssen die Markierungen ausreichend lange haften. Dies muß prinzipiell im Vorversuch geklärt werden: Denn während Markierungen mit Lackmalstiften auf *Chorthippus apricarius* über die gesamte Lebensdauer auf den Imagines hafteten (RECK, mündl. Mitt.), traten bei den Arten der vorgestellten Untersuchungen nach 5 - 6 Wochen erste Verluste von Markierungspunkten auf. Bei längerem Untersuchungszeitraum ist eine Gegenmarkierung (Füllfarbe) bzw. eine konstante Anzahl von Markierungspunkten unerläßlich.

Untersuchungsintensität
Aussagekräftige Ergebnisse werden nur erzielt, wenn die Probeflächen so intensiv bearbeitet werden, daß der größte Teil der auffindbaren Heuschrecken auf eine Markierung überprüft werden kann. Bei großflächiger, aber oberflächlicher Suche über mehrere Hektar (Untersuchungserweiterung bei 'Bonndorf') konnten fast keine markierten Tiere wiedergefangen werden, selbst bei direkt an die Markierungsflächen angrenzenden Suchflächen. Bei durchschnittlicher Heuschrecken-Dichte (mesophiles Grünland) sollte aufgrund von Erfahrungswerten eine Stunde reine Suchzeit pro Person für 200 m2 nicht unterschritten werden (wenn alle Arten mit Farben individuell markiert sind).

Auswertungsmethoden
Beim Vergleich verschiedener Untersuchungen ist zu beachten, daß zur quantitativen Auswertung der Meßergebnisse in Abhängigkeit von der Untersuchungsintensität verschiedene Methoden verwendet werden, die z.T. zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen:

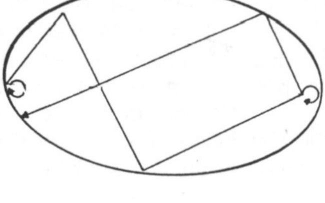


Abb. 6: Wanderung eines mehrfach wiedergefangenen Individuums

➔ Aktionsräume (Flächenangabe) können ihrerseits mit unterschiedlichen Methoden berechnet werden (z.B. einhüllende Ellipse, konvexes Polygon). Im Beispiel der Abb. 6 ergibt sich für die einhüllende Ellipse eine Fläche von ca. 550 m^2. Die Berechnung ist nur sinnvoll, wenn viele Individuen häufig wiedergefangen werden.

➔ Liegen geringere Wiederfangraten der einzelnen Individuen vor, können Aktions- bzw. Maximaldistanzen als Näherung für das 'home-range' (Entfernungsangabe statt Flächenangabe) ermittelt werden (vgl. z.B. BUCHWEITZ 1993). Dabei wird die größte Entfernung zwischen den Fangorten ermittelt. Im Beispiel der Abb. 6 ergibt sich eine Entfernung von 35 m.

➔ Werden nur wenige Individuen mehrfach wiedergefangen, bleibt nur die Auswertung der Einzeldaten. Dabei werden die Entfernungen zwischen 2 Fängen ermittelt. Bei mehrfach wiedergefangenen Individuen werden dann die einzelnen Wanderentfernungen separat gewertet. Im Beispiel der Abb. 6 ergeben sich z.T. mehrfach besetzte Entfernungsklassen: 2 x 0 m, 2 x 20 m, 2 x 20 m, 1 x 30 m. Diese Auswertungsmethode ist bei den vorgestellten Untersuchungen angewandt worden.

Ein Versuch zur Normierung der Daten

Für die ♂ von *C. parallelus* wurde in Abb. 7 das Wanderverhalten im Lebensraum-Korridor auch über weitere Entfernungen dargestellt (Untersuchung bei Markelfingen). Es liegt die Frage nahe, ob sich derartige Kurven mathematisch beschreiben lassen. Dies würde einerseits den Vergleich der Mobilität unterschiedlicher Arten bzw. Geschlechter ermöglichen, andererseits könnten (in einem beschränkten Gültigkeitssbereich) Parameter wie z.B. die Populationsgröße modifiziert und Extrapolationen der Wanderentfernungen, die über den Untersuchungsbereich hinausgehen, durchgeführt werden. Hiermit wären Wahrscheinlichkeiten berechenbar, unter welchen Bedingungen noch von einem Austausch zwischen Populationen ausgegangen werden kann.

Bei der Suche nach geeigneten Formeln ist zu berücksichtigen, daß schon von mehreren Autoren (z.B. REICH 1991) ortstreue und ausbreitungsstarke Individuen aus derselben Population beschrieben wurden. Bezogen auf die gesamte Population liegt keine einfache Gauß'sche Normalverteilung vor, die allein in der unterschiedlichen Wanderleistung der einzelnen Individuen zu bestimmten Zeitpunkten begründet ist.
Auch bei der Suche nach einer Regressionsgeraden, die eine hohe Korrelation mit den gemessenen Daten aufweist, bestätigt sich der Verdacht, daß innerhalb einer Population unterschiedliche Ausbreitungstypen existieren. JOERN & GAINES (1990) nehmen an, daß die individuell unterschiedlich ausgeprägte Ausbreitungsdynamik bei Heuschrecken genetisch fixiert sein könnte.

Jedoch kann davon ausgegangen werden, daß die Wanderleistungen der Individuen eines Ausbreitungstyps entsprechend einer Gauß'schen Normalverteilung variieren. In Abb. 7 wurde bei den ♂ von *C. parallelus* von zwei Ausbreitungstypen ausgegangen und für den Meßbereich 50 - 150 m, der nicht mehr durch die ortstreuen Individuen beeinflußt wird, eine entsprechende Regression durchgeführt. Mit den ermittelten Parametern kann die Wahrscheinlichkeit für die Größe des Individuenaustausches bei unterschiedlichen Entfernungen und Populationsgrößen berechnet werden (vgl. Tab. 2): Bei einem Verbund von Teillebensräumen durch Korridore, die die Wanderungen kanalisieren, ist bei einer durchschnittlichen Populationsdichte (100 Individuum / 100 m^2) bis zu einer Entfernung von 200 m der jährliche Austausch von mindestens einem ♂ wahrscheinlich. Bei sehr hoher Populationsdichte (1000 Individuen / 100 m^2) würde sich diese Entfernung auf ca. 320 m vergrößern.

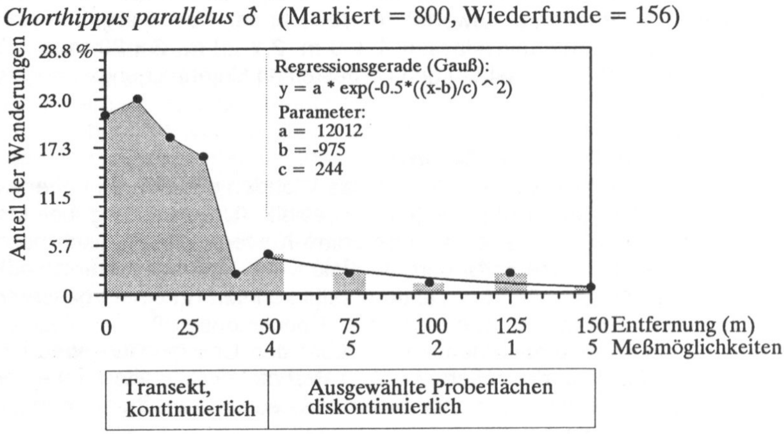


Abb. 7: Das Wanderverhalten im Lebensraum-Korridor (Markelfingen, Bad.-Württ.)

Bei durchschnittlichen Populationsdichten (1 Individuum/m^2) ist ein Individuenaustausch nur bei einer Länge des Lebensraum-Korridores von weniger als 200 m wahrscheinlich. Durch bestmögliche Optimierung des Hauptlebensraumes kann die Populationsdichte bis zu 10 Individuen/m^2 gesteigert werden - die jährlich erreichbare Entfernung zur Grünbrücke verlängert sich dann auf 320 m.

Tab. 2: Lebensraum-Korridor: Auftreff-Wahrscheinlichkeit an der Grünbrücke in Abhängigkeit von der Entfernung des Hauptlebensraumes und der Populationsgröße.

Chorthippus parallelus ♂

Regression aus dem 'Wanderverhalten im Lebensraum-Korridor'

$y = a^* \exp(-0.5^* ((x + 975) / 224)^2)$

a = Maß der Populationsgröße bei: y (50 m) = 5 % der Individuen auf einer Fläche von 30 m x 30 m

Entfernung (m)	y (gemessen)	y (errechnet)	y (1 Ind./m²)	y (10/Ind./m²)
50	2	1.868424	18.684239	186.842389
75	1	1.212013	12.120131	121.201313
100	0.5	0.778057	7.780568	77.805681
125	1	0.494296	4.942963	49.429630
150	0.25	0.310767	3.107674	31.076742
160		0.257363	2.573635	25.736348
170		0.212782	2.127815	21.278151
180		0.175629	1.756291	17.562906
190		0.144722	1.447219	14.472195
200		0.119055	1.190551	11.905509
210		0.097777	0.977771	9.777707
220		0.080168	0.801681	8.016811
230		0.065621	0.656208	6.562084
240		0.053624	0.536238	5.362379
250		0.043747	0.437470	4.374704
260		0.035630	0.356300	3.562997
270		0.028971	0.289706	2.897062
280		0.023517	0.235167	2.351665
290		0.019058	0.190576	1.905763
300		0.015418	0.154183	1.541834
310		0.012453	0.124532	1.245323
320		0.010042	0.100416	1.004158
330		0.008083	0.080835	0.808346
340		0.006496	0.064963	0.649634
350		0.005212	0.052121	0.521213
360		0.004175	0.041748	0.417481
370		0.003338	0.033384	0.333837
380		0.002665	0.026651	0.266507
390		0.002124	0.021240	0.212401
400		0.001690	0.016900	0.168998

Diskussion

Der oben vorgestellte Versuch einer Normierung der Daten zum Ausbreitungsverhalten geht von einer großen Anzahl von Annahmen aus. Bevor die Ergebnisse z.B. in allgemeingültige Modelle zum Ausbreitungsverhalten integriert werden könnten (vgl. z.B. Poster von BIMÜLLER & JEDSCHKE auf dieser Tagung), müßten folgende natürliche Einfluß-Faktoren geklärt werden.Die art- und geschlechtsspezifisch unterschiedliche Mobilität ist grundsätzlich nicht konstant und kann unter dem Einfluß natürlicher Faktoren variieren:

➔ Bei einer Untersuchung während lang anhaltender ungünstiger Witterung im Jahresverlauf sind Auswirkungen auf die Mobilität nicht auszuschließen.

➔ Bei größeren Individuendichten scheint eine höhere Mobilität aufzutreten (vgl. z.B. RIETZE & RECK 1991). Unklar ist jedoch, ob diese (wie bei der Normierung angenommen) proportional ansteigt, oder aber ein prinzipiell anderes Ausbreitungsverhalten vorliegt (daraus resultiert ein gänzlich verschiedener Kurvenverlauf, Extrapolationen bezüglich der Populationsdichte wären dann nicht zulässig).

➔ Generell muß bei Untersuchungen zur Mobilität geklärt werden, ob das effektivste Ausbreitungsstadium berücksichtigt wurde. So ist z.B. von *Pholidoptera griseoaptera* bekannt, daß die Larven deutlich mobiler sind als die Imagines (HARZ 1960).

➔ Desweiteren muß geklärt werden, ob noch zusätzliche Ausbreitungstypen existieren, bei denen die Individuen sehr weite Entfernungen zurücklegen geringer Anteil der Population mit wesentlich effektiveren Ausbreitungsmethoden). In diesem Zusammenhang ist einerseits die potentielle Bedeutung von macropteren (langflügligen) Individuen üblicherweise brachypterer Arten beim Ausbreitungsverhalten über weite Entfernungen (Dismigration) und bei der Besiedlung von Lebensräumen zu nennen (siehe z.B. RECK & KAULE 1993, MANZKE 1994 und MEINEKE 1994). Andererseits sind aber auch Individuen mit einer genetischen Disposition zu gerichteter Ausbreitung über sehr weite Entfernungen nicht prinzipiell auszuschließen. In beiden Fällen wären Extrapolationen über Entfernungen, die über den Untersuchungsraum hinausgehen, nicht zulässig.

Resümee

Die Ergebnisse von Untersuchungen zum Ausbreitungsverhalten werden von einer Vielzahl von Faktoren beeinflußt, die z.T. natürlich sind und z.T. durch den Versuchsaufbau bedingt sind (vgl. Abb. 5). Bei der Präsentation von Ergebnissen kann eine ausführliche Beschreibung und Diskussion der angewandten Methoden und besonders der Versuchsanlage von größerer Bedeutung sein als ein Diagramm zum Ausbreitungsverhalten. Man muß sich bewußt sein, daß derartige Diagramme nicht gleichbedeutend mit allgemeingültigen Aussagen zur eigentlichen Mobilität sind (Einfluß natürlicher Faktoren). Zudem wird durch Markierungs- und Wiederfang-

Untersuchungen insbesondere die Ausbreitung über weite Entfernungen meist nur unzureichend erfaßt (Methoden-Einfluß).
Dagegen können Untersuchungen zum Ausbreitungsverhalten gut eingesetzt werden, um spezielle Fragen zu beantworten - wenn ein entsprechender Versuchsaufbau gewählt wird. Beispiele sind hierfür die Themenkomplexe: Populationsgröße, Erhalt von Metapopulationen, Erreichbarkeit von Teillebensräumen, Leitlinien zu Querungshilfen über künstliche Barrieren (also der Themenschwerpunkt Biotopverbund im Bereich kürzerer Entfernungen) sowie Barrierewirkung.

Verfasser
Jörg Rietze
Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung
Im Weiher 8
70794 Filderstadt

Literatur

BUCHWEITZ, M. (1993): Zur Ökologie der Rotflügeligen Schnarrschrecke (*Psophus stridulus* L. 1758) unter besonderer Berücksichtigung der Mobilität, Populationsstruktur und Habitatwahl. - Articulata 8(2): 39-62.

DETZEL, P. (1993): Rote Liste der Heuschrecken und Grillen (Saltatoria) und Fangschrecken (Mantodea) von Baden-Württemberg (Stand 1992). - Arten- und Biotopschutzprogramm Baden-Württemberg, 1: III B/15-16; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

HARZ, K. (1960): Geradflügler oder Orthoptera (Blattodea, Mantodea, Saltatoria, Dermaptera). - In: Dahl, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile. 46. Teil; Fischer, Jena; 232 S..

JOERN, A., GAINES, S. B. (1990): Population dynamics and regulation in grasshoppers. - In: Chapman, R. F. & Joern, A. (eds.): Biology of grasshoppers. - Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: 415-482.

REICH, M. (1991): Struktur und Dynamik einer Population von *Bryodema tuberculata* (Fabricius 1775) (Saltatoria, Acrididae). - Diss. Univ. Ulm; 105 S.

REMMERT, H. (1988): Naturschutzforschung und -vermittlung als Aufgabe der Universitäten. - Ber. ANL, 12: 13-17; Laufen/Salzach.

RECK, H. & KAULE, G. (1993): Zur Verpflanzung von Hecken und Halbtrockenrasen in der Flurbereinigung, Teil 2: Auswirkungen auf Tiere. - Verh. d. Ges. f. Ökologie 22: 145-152; Freising-Weihenstephan.

RIETZE, J. & RECK, H. (1991): Untersuchungen zur Besiedelung der Verkehrsnebenflächen des Autobahnkreuzes Stuttgart durch Heuschrecken mit besonderer Berücksichtigung der Dispersion der Großen Goldschrecke (*Chrysochraon dispar*). - Articulata 6 (1): 91-119.

RIETZE, J. & RECK, H. (1993): Bioökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege. Teil: Wirbellose Tierarten. Jahresbericht 1993: Das Einzugsgebiet von Grünbrücken und der Einfluß von Lebensraum-Korridoren am Beispiel von Heuschrecken an der Grünbrücke 'Württembergle' - Gutachten im Auftrag der Schweizerischen Vogelwarte, Sempach: 36 S.; Arbeitsgruppe Tierökologie und Planung, Filderstadt (unveröff.).

RIETZE, J., RECK, H., TRAUTNER, J. & HERMANN, G. (1992): Bioökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege am Beispiel der B 31 n Stockach-Überlingen (Bad.-Württ.) - Jahresbericht 1991. Teil: Wirbellose Tierarten. - Gutachten im Auftrag der Schweizerischen Vogelwarte, Sempach: 105 S.; Arbeitsgruppe Tierökologie und Planung, Filderstadt (unveröff.).

Vorträge und Poster der 3. Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für Orthopterologie 1994 in Jena:

BIMÜLLER, E. & JEDSCHKE, G. (Poster 1994): Ein Simulationsmodell zur Optimierung der Anordnung von Teillebensräumen für Metapopulationen.

MANZKE, U. (1994): Macropterie bei *Chorthippus parallelus*.

MEINEKE, T. (1994): Ausbreitungsversuche und initiale Populationsstadien von *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt 1821) im Hochharz.

REICH, M. (1994): Zur Mobilität von Ödlandschrecken (Orthoptera, Oedipodinae) in Abhängigkeit von morphologischen Parametern und der Vegetationsstruktur ihrer Habitate.